

of the Department of the Administrative Management and Alternative Energy Resources, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: tokarchyk_dina@ukr.net).

ТОКАРЧУК Дина Николаевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры административного менеджмента и альтернативных источников энергии, Винницкий национальный аграрный университет (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, e-mail: tokarchyk_dina@ukr.net).

УДК 330.1; 620.92

DOI: 10.37128/2411-4413-2021-3-2

**БІОПАЛИВО З
ВОДОРОСТЕЙ ЯК
НАПРЯМ
РОЗВИТКУ
«ЗЕЛЕНОЇ»
ЕКОНОМІКИ:
СУЧАСНИЙ СТАН
ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

ШЕВЧУК Г.В.,
кандидат економічних наук,
старший викладач
кафедри адміністративного менеджменту
та альтернативних джерел енергії,
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця)

У статті розглянуто екологічні аспекти впливу традиційних джерел енергії на навколишнє середовище. Обґрунтовано причини явища, коли потреби в енергетиці та проблеми в екології ведуть до пошуку альтернативних видів палива. Проведено порівняльний аналіз структури загального постачання традиційних та альтернативних джерел енергії. Проаналізовано сучасний стан виробництва, використання традиційних палив та перспективу виробництва біологічних видів палив в Україні. Відображено прогнозовану структуру використання традиційних та альтернативних видів палив згідно з Енергетичною стратегією України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

Наведено класифікацію біопалив залежно від сировини: першого, другого та третього покоління. На відміну від біопалив з таких культур, як цукровий очерет і кукурудза (біопаливо першого покоління), а також із відходів тваринного і рослинного походження (другого покоління), паливо, яке отримане з водоростей (біопаливо третього покоління), має безліч переваг. Зокрема, це більший потенціал виробництва біопалива порівняно з попередніми технологіями: різноманітність можливих видів палива (біодизель, біоетанол, біобутанол, біогаз і навіть реактивне паливо); гнучкі технології виробництва. Досліджено технології вирощування водоростей: у відкритих водоймах або у більш досконалих закритих ставках та біореакторах. Обґрунтовано, що найчастіше водорості використовують для виробництва біодизеля; зроблено порівняння різних технологій його отримання. Проаналізовано зарубіжний досвід виробництва біопалив з водоростей та застосування його різними автомобільними компаніями і підприємствами, а також перспективи виробництва біопалив з водоростей на території України. Не беручи до уваги перспективи виробництва біопалив третього покоління, вважаємо, що питання дослідження залишається недостатньо висвітленим науковцями, а вітчизняним виробникам не вистачає базових знань.

Ключові слова: традиційні джерела енергії, відновлювані джерела енергії, біопаливо, біомаса, мікрowodорості, «зелена» економіка.

Табл.: 3. Рис.: 3. Літ.: 19.

**BIOFUELS FROM ALGAE AS A DIRECTION FOR THE
DEVELOPMENT OF THE «GREEN» ECONOMY: THE CURRENT
STATE AND PROSPECTS**

SHEVCHUK Hanna,
*Candidate of Economic Sciences,
 Senior Lecturer of the Department of
 Administrative Management and Alternative Energy Resources,
 Vinnytsia National Agrarian University
 (Vinnytsia)*

The article describes environmental aspects of the impact of traditional energy sources on the environment. It is substantiated that energy needs and environmental problems lead to the search for alternative renewable fuels. A comparative analysis of the structure of general supply between traditional and alternative energy sources is done. The current state of production and use of traditional fuels and prospects for the production of biofuels in Ukraine are analyzed. The projected structure of the use of traditional and alternative fuels according to the Energy Strategy of Ukraine until 2035 «Safety, energy efficiency, competitiveness» is presented.

The classification of biofuels is provided depending on raw materials: first, second and third generation. Unlike biofuels from crops such as sugar cane and corn (first-generation biofuels), as well as animal and vegetable wastes (second-generation), algae-derived fuels (third-generation biofuels) have many benefits. In particular, this is a greater potential for biofuel production compared to previous systems: a variety of possible fuels (biodiesel, bioethanol, biobutanol, biogas and even jet fuel); flexible production technologies. Algae cultivation technologies have been studied: especially cultivation in open reservoirs or in more advanced closed ponds and bioreactors. It is substantiated that algae are most often used for biodiesel production; a comparison of different technologies for its production is made. The foreign experience of algae biofuel production and its usage by various automobile companies and enterprises, as well as the prospects of algae biofuel production in Ukraine are presented. Despite the prospects for the production of the third-generation biofuels, there we think, that the issue of investigation has not been studied properly by scientists and Ukrainian producers don't have basic knowledge.

Key words: traditional energy sources, renewable energy sources, biofuels, biomass, microalgae, «green» economy.

Tabl: 3. Fig.: 3. Ref.: 19.

**БИОТОПЛИВО ИЗ ВОДОРОСЛЕЙ КАК НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ
«ЗЕЛЕНОЙ» ЭКОНОМИКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И
ПЕРСПЕКТИВЫ**

ШЕВЧУК А.В.,
*кандидат экономических наук,
 старший преподаватель кафедры административного
 менеджмента и альтернативных источников энергии,
 Винницкий национальный аграрный университет
 (г. Винница)*

В статье рассмотрены экологические аспекты влияния традиционных источников энергии на окружающую среду. Обосновано, что потребности в энергетике и экологические проблемы ведут к поиску альтернативных возобновляемых видов топлива. Проведен сравнительный анализ между традиционными источниками энергии и альтернативными. Проанализировано современное состояние производства и использования традиционного топлива и перспективы производства биологического топлива в Украине. Отражено прогнозируемую структуру использования традиционного и альтернативного топлива согласно Энергетической стратегии Украины до 2035 года «Безопасность, энергоэффективность, конкурентоспособность».

Приведена классификация биотоплив в зависимости от сырья: первого, второго и третьего поколения. В отличие от биотоплива из таких культур, как сахарный тростник и кукуруза (биотоплива первого поколения), а также из отходов животного и растительного происхождения (второго поколения), топливо, полученное из водорослей (биотопливо третьего поколения), имеет множество преимуществ. В частности, это больший потенциал производства биотоплива по сравнению с предыдущими системами: разнообразие возможных видов топлива (биодизель, биоэтанол, биобутанол, биогаз и даже реактивное топливо); гибкие технологии производства. Исследованы технологии выращивания водорослей: в открытых водоёмах или в более совершенных закрытых прудах и биореакторах. Обосновано, что чаще всего водоросли используют на производство биодизеля; сделано сравнение различных технологий его получения. Представлены зарубежный опыт производства биотоплива из водорослей и применения его различными автомобильными компаниями и предприятиями, а также перспективы производства биотоплива из водорослей на территории Украины. Не принимая во внимание перспективы производства биотоплива третьего поколения, считаем, что вопрос исследования остаётся мало исследованным научными работниками, а отечественным производителям не хватает базовых знаний.

Ключевые слова: традиционные источники энергии, возобновляемые источники энергии, биотопливо, биомасса, микроводоросли, зеленая экономика.

Табл.: 3. Рис.: 3. Лит.: 19.

Постановка проблеми. Життя людей неможливе без використання палива. Існує дві групи палива: паливо, отримане з надр землі (корисні копалини) та паливо, отримане з біологічної сировини. Саме другу групу називають біопаливом. Основна відмінність між цими групами полягає у тому, що спалювання викопних палив призводить до збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері Землі. Вуглецю на Землі стає менше, а в атмосфері – більше. Спалювання ж палив другої групи не збільшує вмісту вуглекислого газу в атмосфері. Так, при спалюванні деревини в атмосферу викидається така ж кількість вуглекислого газу, скільки було вилучено з атмосфери у процесі росту деревини за рахунок фотосинтезу.

Сучасна енергетика ґрунтується на використанні нафтопродуктів, вугілля та природного газу, що засмічують атмосферу величезною кількістю CO₂, іншими парниковими газами та кислотоутворювальними оксидами азоту і сірки, завдаючи безпосередньої шкоди довкіллю внаслідок посилення парникового ефекту, що призводить до зміни клімату на планеті.

Оскільки сьогодні частка викопного палива у забезпеченні світових потреб сягає 88-89%, а його запаси, згідно з оцінками експертів, будуть невдовзі вичерпані, енергетична проблема набуває глобального розмаху і має

всі ознаки екологічної кризи. Це спонукає вчених до термінових пошуків альтернативних джерел енергії, що передбачають використання поновлюваних ресурсів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню виробництва та використання біологічного палива присвячені праці таких вітчизняних та зарубіжних вчених як Калетнік Г. [7], Гончарук І. [2], Ємчик (Гончарук) Т. [3], Пришляк Н. [18], Токарчук Д. [14], Овсяннікова Н., Семчук І., Гельфанд Є., Олаганатан Раджи, Ко Кі Шен Фабиан та ін.

Проблематикою виробництва біодизеля з мікроводоростей в Україні та світі займаються такі вчені, як Золотарьова О., Кожевников Ю., Блюм Я., Кірсанова В., Бакі А., Хоссейн Ш., Саллех А. та ряд інших.

Незважаючи на те, що проблема виробництва біопалива, в т.ч. із водоростей, посідає чільне місце в дослідженнях та працях названих вчених, проте, залишається чимало невирішених питань науково-практичного змісту, що потребують подальшого дослідження.

Формулювання цілей статті. Метою наукового дослідження є аналіз сучасного стану та перспектив розвитку виробництва біопалива з водоростей як напрямку розвитку «зеленої» економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Енергетика є основою економіки будь-якої країни світу. Джерела енергії, які не відновлюються – це ті джерела енергії, які, вичерпавшись, більше не можуть відновлюватися, оскільки для їх утворення у природі потрібен тривалий час. Попри те, що у природі вони наявні у значній кількості, все ж таки вони мають вичерпний характер. Ці джерела енергії є забруднюючими, бо їх використання шкодить навколишньому середовищу.

Прикладами невідновлюваної енергії є викопне паливо: нафта, природний газ, вугілля, сланці та ядерна енергетика – виробництво енергії за допомогою урану та торію.

В Україні сьогодні переважає невідновлювальна енергетика і за прогнозами так залишатиметься й надалі. У таблиці 1 наведена прогнозована структура загального постачання первинної енергії з традиційних джерел згідно Енергетичної стратегії України до 2035 року. Відповідно до даних у 2035 р. передбачається скорочення у структурі двох джерел: вугілля зменшиться на 33% та нафтопродукти – на 26%. Частка природного газу збільшиться на 19%.

Таблиця 1

Структура загального постачання первинної енергії з традиційних джерел відповідно до Енергетичної стратегії України до 2035 року, млн т н.е.

Найменування джерела	2020 р.	Прогноз		
		2025 р.	2030 р.	2035 р.
Вугілля	18,0	14,0	13,0	12,0
Природний газ	24,3	27,0	28,0	29,0
Нафтопродукти	9,5	8,0	7,5	7,0
Атомна енергія	24,0	28,0	27,0	24,0

Джерело: складено автором за [9]

За даними незалежного інформаційного агентства [8] споживання

бензину в Україні у 2019 р. знизилося на 3,8% порівняно з аналогічним періодом 2018 р. до 1417,1 тис. тонн.

Проте, Державна служба статистики України [4] зафіксувала зростання споживання дизельного палива на 4,5% у 2019 р., до 4,7 млн т. Це свідчить про те, що українці все більше обирають автомобілі, які використовують саме цей вид палива.

У 2020 р. використання мазуту знизилось, натомість позицію на ринку зайняв більш дешевий вид палива – природний газ, що використовується в ролі резервного палива на деяких ТЕС і ТЕЦ, які споживають мазут у випадках його нижчої ціни порівняно з природним газом. Так, у січні-жовтні 2020 року споживання мазуту скоротилося найбільше серед усіх енергоресурсів: на 65%, до 69,5 тис. т.

Що стосується обсягів використання кам'яного вугілля, то вони збільшилися на 0,4% за 2019 р. до 36,54 млн т порівняно з 2018 р. Споживання електроенергії в Україні продовжує збільшуватися щорічно й зростання потреб ринку і країни покривається, зокрема, й за рахунок стрімкого розвитку відновлюваних джерел енергії, що є основою стабільної роботи теплової електрогенерації [8].

Структуру використання палива в Україні за період 2016-2019 рр. наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

**Структура використання традиційного палива в Україні
за 2016-2019 рр., %**

Показник	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Відхилення, (+/-) 2019 р./2016 р.
Природний газ	34,3	34,3	33,5	31,6	-2,7 в.п.
Вугілля	31,8	30,1	31,0	31,1	-0,7 в.п.
Нафтопродукти	11,9	13,0	15,8	17,5	5,6 в.п.
Кокс та напівкокс	11,2	10,7	10,8	10,7	-0,5 в.п.
Інші	10,8	11,9	8,9	9,1	-1,7 в.п.

Джерело: складено автором за [4]

У структурі використання традиційного палива у 2019 р. порівняно з 2018 р. відбулись незначні зміни: збільшилися частки сирової нафти та нафтопродуктів на 1,7 в.п., вугілля – на 0,1 в.п. при одночасному зменшенні використання природного газу на 1,9 в.п.

У 2019 році українськими підприємствами й організаціями використано 102,3 млн т умовного палива (первинного і вторинного), що на 6,7% менше, ніж у 2018 році. Загальну структуру використання палива підприємствами в Україні у 2019 р. наведено на рис. 1.

Альтернативою традиційним джерелам енергії є відновлювані, які поновлюються природним шляхом. До таких джерел належать енергії сонця, вітру, органічної біомаси, потоків води. Також до джерел енергії, які самі поповнюють свої запаси, відносимо енергію земних надр, тепло навколишнього середовища, а також інші джерела, такі як побутові органічні відходи, стічні й каналізаційні води [5].

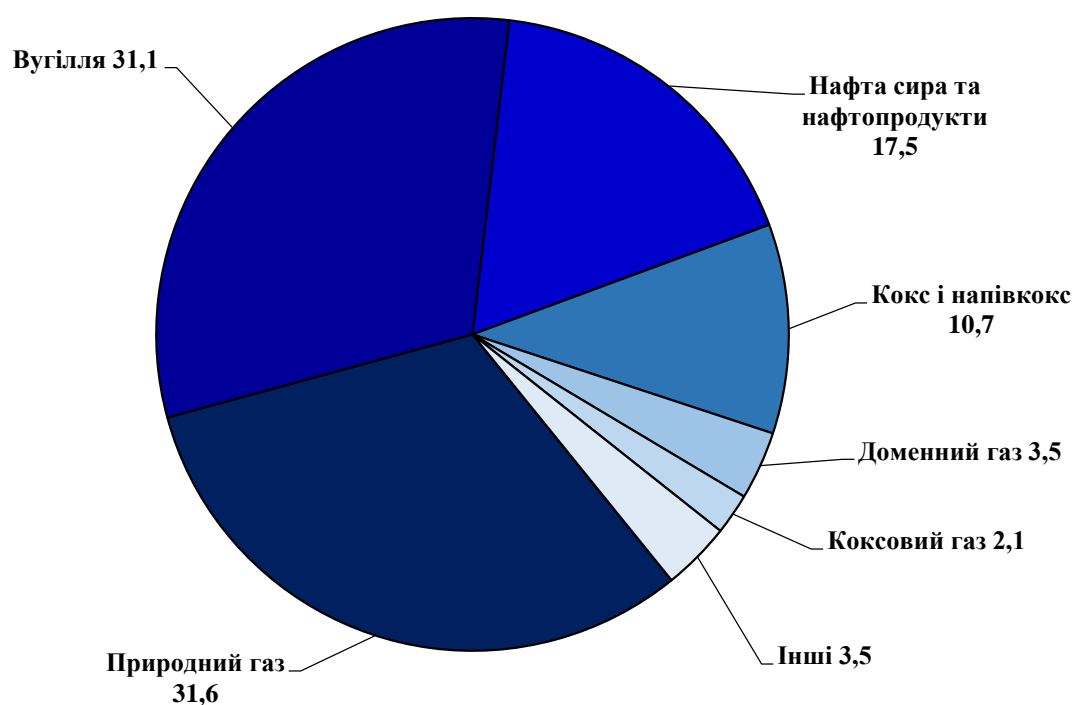


Рис. 1. Структура використання палива підприємствами України у 2019 році, %

Джерело: складено автором за [4]

У таблиці 3 наведена прогнозована структура загального постачання відновлювальних джерел енергії згідно з Енергетичною стратегією України до 2035 року.

Таблиця 3

Структура загального постачання відновлювальних джерел енергії згідно Енергетичної стратегії України до 2035 року, млн т н.е.

Найменування джерела	2020 р.	Прогноз		
		2025 р.	2030 р.	2035 р.
Біомаса, біопаливо, відходи	4,0	6,0	8,0	11,0
Сонячна та вітрова енергія	1,0	2,0	5,0	10,0
ГЕС	1,0	1,0	1,0	1,0
Термальна енергія	0,5	1,0	1,5	2,0

Джерело: складено автором за [9]

Аналізуючи дані, бачимо, що згідно зі стратегією прогнозується збільшення постачання майже всіх відновлювальних джерел у 2035 році порівняно з 2020 роком: біомаси, біопалива, відходів – більш ніж вдвічі; сонячної та вітрової енергії – у 10 разів; термальної енергії – у 4 рази.

Як в Україні, так і в світі серед відновлювальних джерел енергії вагоме місце займає біологічне паливо. Біологічне паливо або біопаливо – це паливо, отримане з природної сировини, такої як деревина, відходи та енергетичні культури, що застосовується для виробництва енергії. Для виробництва біопалива основним джерелом є біомаса.

Біомаса – це будь-яка органічна речовина рослинного або тваринного

походження, а, отже, джерело відновлюваної енергії. Біомаса є сировиною для виробництва рідких, твердих та газоподібних палив. Основу біомаси складають:

- вторинні продукти деревообробної промисловості;
- енергетичні культури;
- сільськогосподарські вторинні продукти.

Основними сільськогосподарськими культурами, які вирощують для виробництва біопалив, є кукурудза, соя, соняшник, ріпак, цукрові буряки, світочас, міскантус, цукрова тростина, пшениця та інші. Біомаса може бути використана задля отримання енергії при спалюванні, а також у переробленому вигляді – рідкі або газоподібні палива.

Типи рідкого біопалива, які виробляють із біомаси, що використовуються в автомобільних двигунах, поділяються на біопалива 1-го, 2-го, та 3-го покоління (рис. 2).

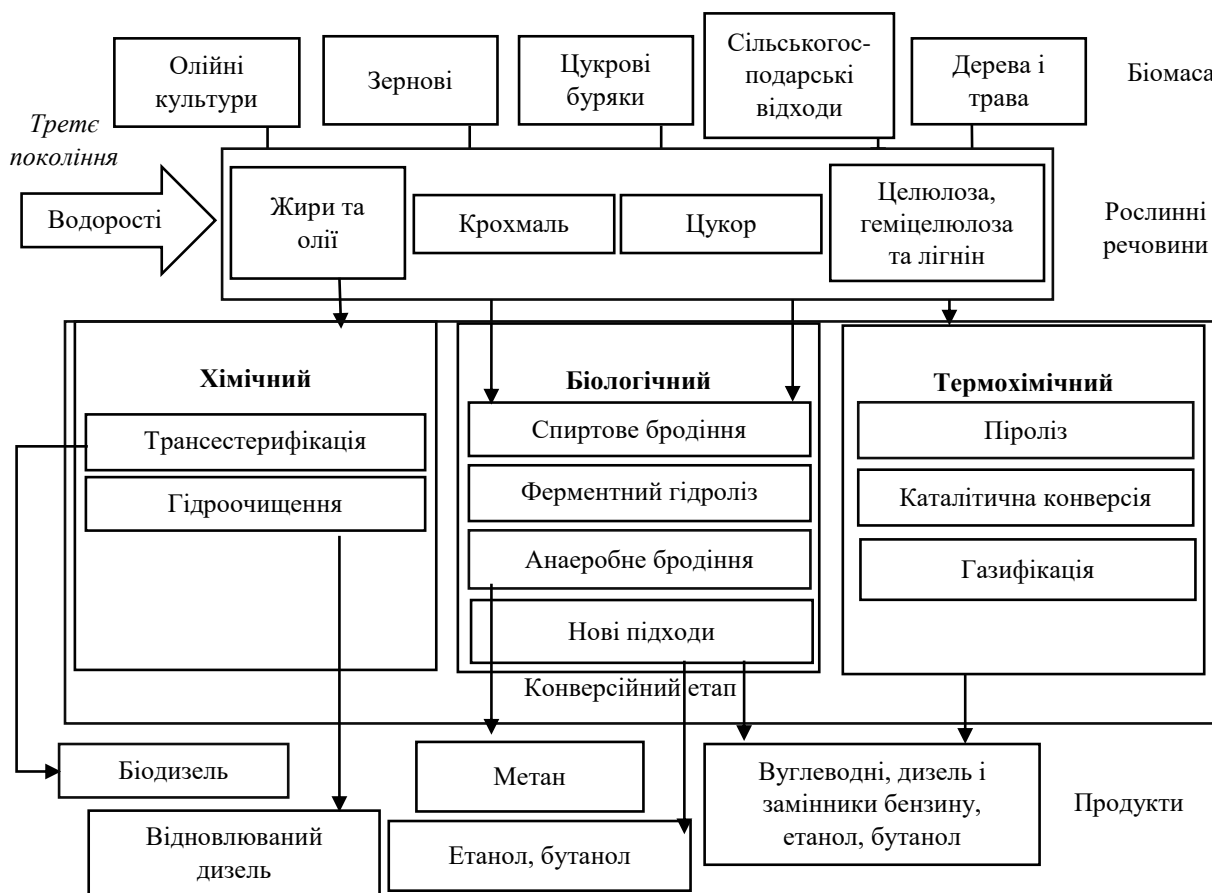


Рис. 2. Шляхи конверсії біомаси біопалива першого, другого і третього покоління

Джерело: [6, с. 12]

Біопаливо першого покоління виробляють із цукру, крохмалю, рослинної олії і тваринного жиру, використовуючи традиційні технології. Основними джерелами сировини є насіння олійних культур або зерно. Наприклад, насіння соняшнику пресують для отримання рослинної олії, яка потім може бути використана при виробництві біодизелю. Із пшениці отримують крохмаль,

після його зброджування – біоетанол. Виробництво біопалива в Україні з подібних культур потребує істотної фінансової підтримки держави.

До біопалив другого покоління належать всі види рідких біопалив, які виробляються з нехарчових культур: деревини, лушпиння й іншої біомаси.

Лігноцелюлозний етанол отримують шляхом відділення молекул цукрів від целюлози, використовуючи ензими, нагрівання парою та інші види дообробки. За допомогою бродіння з цих цукрів можна отримати етанол таким же шляхом, як і біоетанол першого покоління. Побічним продуктом цього процесу є лігнін, який може бути спалений, оскільки це не впливає на концентрацію вуглекислого газу в атмосфері. Також лігноцелюлозний етанол скорочує викиди парникових газів на 90% порівняно з викопною нафтою.

Третє покоління біопалив – біопаливо з водоростей. Водорості – це універсальні організми, які не мають справжньої кореневої системи або листя. Вони не містять лігніну і целюлози, що покращує процес перетворення сировини на біопаливо. Водорості можна використовувати для виробництва метану шляхом анаеробного зброджування або етанолу шляхом бродіння. Але найбільша їхня потенційна цінність полягає у тому, що вони можуть використовуватись як сировина для виробництва біодизельного палива.

Це одночасно дешева і високопродуктивна сировина для отримання рідкого біопалива. Вони є найшвидкорослішими рослинами на землі (маса за добу подвоюється), для їхнього росту потрібна легкодоступна сировина: сонячне світло, вода і діоксид вуглецю. Більше того, рідке біопаливо з водоростей може замінити продукти з нафти без якісних втрат для користувачів і з поліпшенням екологічної складової.

Зелені водорості прості в утриманні, швидко ростуть, мають безліч видів, використовують енергію сонячного світла для здійснення фотосинтезу – біологічного процесу, який виробляє біомасу (цукор або ліпіди), кисень і високоенергетичні молекули АТФ (аденозинтрифосфорної кислоти) з вуглекислого газу (CO_2) і води. Всю біомасу: чи то цукор, чи то жири, можна перетворити в біопаливо, найчастіше в біоетанол і біодизель. Крім того, оскільки водорості споживають CO_2 у процесі фотосинтезу, вони є ідеальним, дешевим і екологічно чистим способом ефективного видалення цього газу з атмосфери [17].

Можна виділити три основних способи вирощування водоростей:

- вирощування у відкритих водоймах;
- вертикальний ріст або замкнута виробнича система;
- біореакторні установки із закритим резервуаром.

Основні проблеми, які можуть виникнути при вирощуванні водоростей у відкритих водоймах:

- низька продуктивність штаму водоростей;
- чутливість до коливань температури;
- значні втрати води при випаровуванні [11].

Сьогодні існують технології для вирощування водоростей у невеликих біореакторах, розташованих поблизу електростанцій. Відходи тепла здатні покривати до 77% теплових ресурсів для вирощування водоростей. Технологія

не вимагає гарячого тропічного клімату. Перехід до біореакторів може вирішити більшу частину проблем, із якими стикаються у відкритих водоймах. Але, з іншого боку, біореактори вимагають більше інвестицій.

При переробці водоростей отримують у 3,5 рази більше палива, ніж із пальмової олії, у 5 разів більше, ніж із цукрового очерету, в 8 разів більше, ніж із кукурудзи, і в 40 разів більше, ніж із сої [11].

Існує безліч способів видалити ліпіди або олію зі стінок клітин водоростей. Один із методів отримання олії із водоростей дуже схожий на техніку, що використовується в нафтових пресах. Це найпростіший і найбільш поширений метод вилучення олії із водоростей, який дає близько 75% усієї доступної олії.

Інший поширений метод – це метод із використанням гексанового розчинника. У поєднанні з методом пресування на цьому етапі можна отримати до 95% доступної олії із водоростей. Він використовує двоетапний процес. На першому – використовується метод олійного пресу. На другому – залишок водоростей змішують із гексаном, фільтрують і очищують, щоб видалити всі сліди хімічної речовини в олії. Рідше використовується метод надкритичної рідини, який дозволяє отримати до 100% доступної олії із водоростей. Двоокис вуглецю стискається і нагрівається, щоб перетворити його склад як у рідину, так і в газ. Потім він змішується з водоростями, які повністю перетворюються в олію. Хоча він може дати 100% доступної олії, цей метод вважається найменш популярним [17].

Окремо варто зазначити, що біопаливний потенціал водоростей є об'єктом пильної уваги науковців Франції, Німеччини, Японії та США з 50-х років минулого століття, при цьому увага загострювалась під час нафтової кризи 70-х років – у повній аналогії із нинішнім станом справ [1, с. 36].

Час від часу такі програми відновлювалися, іноді потім закривалися (нафта іноді дешевшає), як, наприклад, програма Aquatic Species Program (ASP), що проводилася з 1978 по 1996 рік національною лабораторією США з відновлюваної енергії – NREL (US National Renewable Energy Laboratory), з фінансуванням із боку Office of Fuels Development, підрозділу Міністерства енергетики США [17].

Лідерами галузі виробництва біодизелю із мікроводоростей сьогодні є Нідерланди, Німеччина, ПАР, а також США й Австралія. Активний пошук ведуть фахівці Китаю і Японії [16].

У 1942 році Річард Хадер і Ганс Фон Віч першими запропонували вирощувати мікроводорості як джерело ліпідів для їжі або палива. Після Другої світової війни в США, Німеччині, Японії, Великобританії й Ізраїлі почалися дослідження методів культивування та інженерні системи для вирощування мікроводоростей у великих масштабах, особливо виду з роду *Chlorella*.

Ізраїльська фірма ТОВ «Seambiotic» запропонувала технологію, яка дозволяє промислове культивування морських водоростей за допомогою діоксиду карбону, що міститься у викидах електростанцій. Замість того, щоб забруднюючі гази потрапляли в атмосферу, вони проходять процес фільтрації через басейн, де живуть мікроскопічні водорості, які потім використовуються

для виробництва палива. Ця технологія дає можливість отримувати вуглекислий газ безкоштовно і зменшує викиди в навколишнє середовище. За даними розробників, для виробництва 1 л палива потрібно 5 кг водоростей. Вони стверджують, що водорості здатні виробляти в 30 раз більше олії, ніж культури, які наразі використовуються для виробництва біопалива.

Японська автомобілебудівна компанія «Mazda Motor Corporation» планує використовувати біопаливо з мікрowodоростей замість звичайного бензину і дизельного палива. «Біопаливо на основі водоростей є гідним аналогом звичайному бензину або дизельному паливу», – зауважують у компанії. «Розвиток виробництва біопалива з водоростей має вирішальне значення для досягнення вуглецевої нейтральності автомобілів, що працюють на двигуні внутрішнього згоряння. При спалюванні такого біопалива виділяється тільки вуглекислий газ, який був поглинутий із атмосфери завдяки фотосинтезу під час росту мікрowodоростей», – зазначають у «Mazda Motor Corporation» [15].

Завдяки впровадженню біопалива з мікрowodоростей японський автовиробник має намір різко скоротити викиди CO_2 і продовжити використання двигунів внутрішнього згоряння спільно з електродвигунами приблизно на 95% своїх автомобілів у 2030 році. Компанія також очікує, що рідке паливо залишиться домінантним в автомобільному секторі до 2040 року.

Основна проблема вирощування водоростей – їх чутливість до зміни температури. Для нормально розвитку водоростей потрібно повністю виключити будь-які різкі коливання температури. Експерименти, що проводилися у США в рамках програми «Aquatic Species Program» показали, що оптимально для вирощування водоростей у відкритих водоймах підходить Каліфорнія, Нью-Мексико і Гаваї. Урожайність водойми в Нью-Мексико склала 50 грам водоростей із одного квадратного метра. Крім того, нині не розроблено ефективний метод збору водоростей, які вирощуються у великих водоймах. Вчені підрахували, що для покриття потреби США в дизельному паливі водорості необхідно вирощувати на загальній площі, яка дорівнює площі штату Монтана [10].

Корпорація «GreenFuel» Technologies (США) розробила технологію вирощування водоростей, яка працює на викидах ТЕЦ. Біореактор, що застосовується в цьому технологічному циклі, являє собою прозорі колби, в яких ростуть і живляться водорості. Окрім водоростей і води, у колби постійно додаються поживні речовини. Димовий газ або інші газові потоки, збагачені CO_2 , пропускають через біореактор за допомогою вентилятора. Газ оптимізує темпи росту водоростей, які починають активно розмножуватись. Частина біомаси постійно виводиться з біореактора і проходить первинне сушіння. Після остаточного зневоднення біомаса готова для подальшої переробки. Вода, яка виділяється після зневоднення водоростей, повертається в біореактор із невеликим очищенням потоку для запобігання осадженню солей. Цей процес дозволяє отримати спирти, біодизель, високоякісний корм для тварин, а також значно знижує димові викиди ТЕЦ: NO_2 – до 86 % і CO_2 – до 40% [11].

В Україні також є певний досвід у виробництві біопалив із водоростей. Фахівці Національної академії наук України Науково-дослідного центру

індустріальних проблем розвитку розробили Проєкт виробничо-дослідницького комплексу з виробництва біопалива з мікроводоростей. Промисловий комплекс із культивування і перероблення мікроводоростей у біодизель – це комплексне виробництво, яке складається з біологічного та термохімічного переділів. На першому переділі забезпечується культивування, збирання та сушіння біомаси мікроводоростей у межах комплексу ферм із культивування мікроводоростей у закритих ємностях (фотобіореакторах). На другому – виробництво біодизелю із біомаси мікроводоростей, яке здійснюється на хімічному заводі (рис. 3) [12].

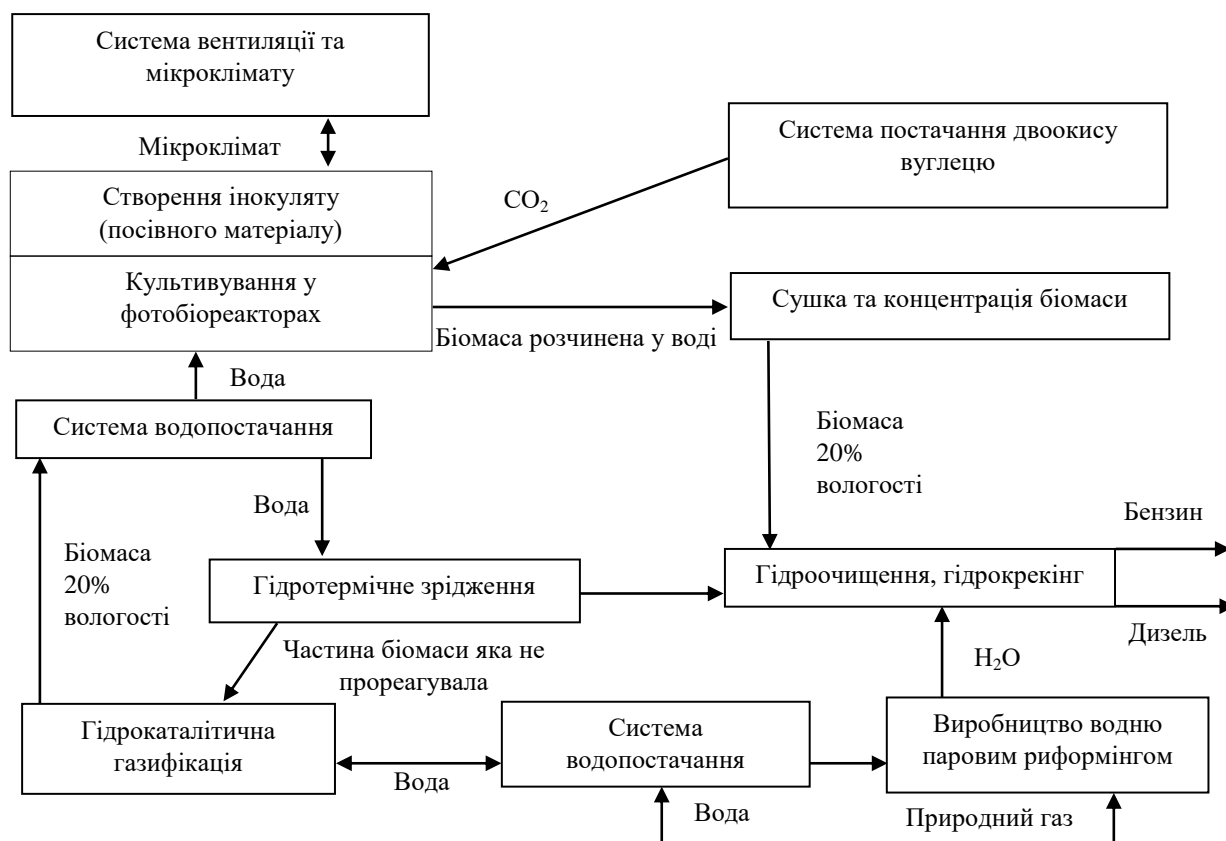


Рис. 3. Концептуальна схема технології отримання біодизелю із мікроводоростей

Джерело: [12]

Виробництво біодизелю та біобензину з мікроводоростей складатиметься з двох етапів: 1) промислове культивування мікроводоростей у відкритих ємностях, або у так званих фотобіореакторах, конструкція яких може бути найрізноманітнішою для отримання після збору достатньої кількості водоростевої біомаси; 2) термохімічна переробка мікроводоростевої біомаси у біодизель та біобензин, яка заснована на комбінації термічних процесів впливу на мікроводоростеву біомасу і технологіях нафтопереробки [12].

Українські експерти ринку агрохімії зазначають, що водорості забезпечують гарний вихід біомаси на кожен квадратний метр площі культивування (на відміну від сухопутних рослин), не містять сірки та інших токсичних компонентів (на відміну від нафти), відмінно розкладаються

мікроорганізмами і, що найважливіше, забезпечують високий вихід готового продукту – до 50% від вихідної біомаси. Високопродуктивні та легкі у вирощуванні мікроводорості можуть стати перспективною «сільськогосподарською культурою».

На мікроводорості не впливають кліматичні та сезонні фактори росту, а формування штамової специфіки та продуктивності дозволяє отримувати біомасу протягом всього року. Крім того, для виробництва біодизелю із мікроводоростей може використовуватися біогаз, отриманий при анаеробному зброджуванні залишку біомаси. Експерти переконані, що в Україні можна успішно вирощувати перспективний зразок біотехнологічних розробок – зелену колоніальну водорість *Volvox saccus braunii*, яка містить понад 70% вуглеводів від маси сухої речовини, а також має широку екологічну амплітуду і значний географічний ареал поширення. Вуглекислий газ повинен надходити безперервно протягом світлового дня – для виробництва 100 тонн біомаси водоростей необхідно зв'язати близько 180 тонн CO₂. Вуглекислий газ може бути отриманий як із балона з CO₂, так і зроблений із вихлопних газів дизельгенератора після їх попереднього очищення [16].

Впровадження в Україні біопалива з водоростей гальмується через відсутність штамів. Біологічні дослідні інститути Національної академії наук України та Української аграрної академії наук не мають, не зберігають і не колекціонують штамів водоростей. Штами промислово використовуваних водоростей коштують недешево [13, с. 52].

Висновки. Основою «зеленої» економіки є альтернативні джерела енергії і палива, технології екологічно чистого виробництва, заходи щодо сприяння очищення повітря, води і ґрунтів від забруднень.

Сьогодні виробництво біопалива різних поколінь розвивається в багатьох країнах світу. Університетські дослідницькі групи і підприємства досліджують і розробляють нові методи підвищення ефективності водорослевих процесів із кінцевою метою комерційного виробництва водорослевого біопалива.

Для масштабного виробництва зазначеного виду біопалива необхідно розробляти нові штамми мікроводоростей, удосконалювати технології, які пов'язані зі збільшенням вмісту ліпідів у їхній біомасі та зниженням витрат енергії на їх культивування. Біопаливо з мікроводоростей – перспектива майбутнього, проте, потрібні подальші дослідження цієї технології.

Список використаної літератури

1. Барило А.А., Бенменні М., Бudyко В.І., Бudyко М.О. та ін. Відновлювані джерела енергії: монографія. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
2. Гончарук І.В. Організаційно-економічне забезпечення енергетичної незалежності агропромислового комплексу. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 2 (52). С. 23-38. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-2-2.
3. Гончарук Т.В. Формування механізму інноваційного забезпечення

виробництва біопалива: теоретико-методичний аспект. *Агроінком*. 2013. № 7-9. С. 57-60.

4. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 07.05.2020).

5. Інформаційний портал про альтернативні джерела енергії у світі та Україні. URL: <http://surl.li/wwbq> (дата звернення: 28.04.2020).

6. Золотарьова О. Куди прямує біопаливна індустрія? *Вісник НАН України*. 2010. № 4. С. 10-20.

7. Калетнік Г.М., Козак К.В. Зелений бізнес – перспектива підприємництва. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2016. № 12 (16). С. 7-15.

8. Незалежне інформаційне агентство «Kosatka.media». Використання палива в Україні. URL: <https://kosatka.media/uk/category/neft/analytics/potreblenie-energoresursov-v-yanvare-oktyabre-2019-goda> (дата звернення: 26.04.2020).

9. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245214948> (дата звернення: 20.04.2020).

10. Портал «Energy.ua». Біодизель з водоростей. URL: <https://energy.com.ua/baza-znan/biodyzel-z-vodorostej/> (дата звернення: 20.04.2020).

11. Портал «Альтернативная энергия». Подарки от природы: биотопливо. URL: <http://altenergiya.ru/bio/podarki-ot-prirody-biotoplivo.html> (дата звернення: 23.04.2020).

12. Проєкт виробничо-дослідницького комплексу з виробництва біопалива з мікроводоростей. URL: <http://surl.li/zbyr> (дата звернення: 23.05.2020).

13. Синельников О.Д. Забезпечення екологічної безпеки водосховищ шляхом використання мікроводоростей для виробництва енергоносіїв: дис... канд. тех. наук: 21.06.01. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2016. 144 с.

14. Скорук О.П., Токарчук Д.М., Всемирнова В.М. Перспективи виробництва біопалива третього покоління. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Економічні науки*. 2011. № 1 (48). С. 171-176.

15. ECOTOWN. Mazda switches to algae biofuels. URL: <https://ecotown.com.ua/news/Mazda-pereyde-na-biopalivo-z-vodorostey/> (дата звернення: 22.04.2020).

16. ECOTOWN. Ukraine can grow algae for biofuel production. URL: <http://surl.li/toly> (дата звернення: 21.04.2020).

17. KVAKUSHA. Біопаливо з водоростей. URL: <https://kvakusha.ru/uk/biotoplivo-iz-vodoroslei-poluchenie-proizvodstvo-biotopliva-iz-vodoroslei.html> (дата звернення: 19.04.2020).

18. Pryshliak N., Tokarchuk D., Shevchuk H. The socio-economic and

environmental importance of developing biofuels: the Ukrainian case on the international arena. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2021. № 24 (1). P. 133-152. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/131829>.

19. Treehugger. Making Biodiesel From Algae.
URL: <https://www.treehugger.com/making-biodiesel-from-algae-85138>. (дата звернення: 23.04.2020).

References

1. Barylo, A.A., Benmenni, M., Budko, V.I., Budko, M.O. et al. (2020). *Vidnovliuvani dzherela enerhii [Renewable energy sources]*. Kyiv: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NANU [in Ukrainian].

2. Honcharuk, I.V. (2020). Orhanizatsiino-ekonomichne zabezpechennia enerhetychnoi nezalezhnosti ahropromyslovoho kompleksu [Organizational and economic provision of energy independence of the agro-industrial complex]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, 2 (52), 23-38. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-2-2 [in Ukrainian].

3. Honcharuk, T.V. (2013). Formuvannia mekhanizmu innovatsiinoho zabezpechennia vyrobnytstva biopalyva: teoretyko-metodychnyi aspekt [Formation of the mechanism of innovative support of biofuel production: theoretical and methodological aspect]. *Ahroinkom – Agroincom*, 7-9, 57-60 [in Ukrainian].

4. Sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Site of the State statistics service of Ukraine]. *ukrstat.gov.ua*. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].

5. Informatsiinyi portal pro alternatyvni dzherela enerhii u sviti ta Ukraini [Information portal about alternative energy sources in the world and Ukraine]. *surl.li*. Retrieved from: <http://surl.li/wwbq> [in Ukrainian].

6. Zolotarova, O. (2010). Kudy priamuie biopalyvna industriia? [Where the biofuel industry is headed?]. *Visnyk NAN Ukrainy – Bulletin of the NAS of Ukraine*, 4, 10-20 [in Ukrainian].

7. Kaletnik, G.M., & Kozak, K.V. (2016). Zelenij biznes – perspektiva pidpriyemnictva [Green business – the prospect of entrepreneurship]. *Ekonomika, finansi, menedzhment: aktualni pitannya nauki i praktiki – Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, 12 (16), 7-15 [in Ukrainian].

8. Nezalezhne informatsiine ahentstvo «Kosatka.media». Vykorystannia palyva v Ukraini [Independent news agency «Kosatka.media». Fuel use in Ukraine]. *kosatka.media*. Retrieved from: <https://kosatka.media/uk/category/neft/analytiks/potreblenie-energoresursov-v-yanvare-oktyabre-2019-goda> [in Ukrainian].

9. Nova enerhetychna stratehiia Ukrainy do 2035 roku: «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [«Ukraine's New Energy Strategy to 2035: Security, Energy Efficiency, Competitiveness»]. *mpe.kmu.gov.ua*. Retrieved from: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245214948> [in

Ukrainian].

10. Portal «Energy.ua». Biodyzel z vodorostei [Portal «Energy.ua». Biodiesel from algae]. *eenergy.com.ua*. Retrieved from: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biodyzel-z-vodorostej/> [in Ukrainian].

11. Portal «Alternatyvnaia enerhyia». Podarky ot pryrody: byotoplyvo [Alternative Energy Portal. Gifts from nature: biofuels]. *altenergiya.ru*. Retrieved from: <http://altenergiya.ru/bio/podarki-ot-prirody-biotoplivo.html> [in Russian].

12. Proekt vyrobnycho-doslidnytskoho kompleksu z vyrobnytstva biopalyva z mikrovodorostei [Project of a production and research complex for the production of biofuels from microalgae]. *surl.li*. Retrieved from: <http://surl.li/zbyp> [in Ukrainian].

13. Synelnikov, O.D. (2016). Zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky vodoskhovyshch shliakhom vykorystannia mikrovodorostei dlia vyrobnytstva enerhonosiiv [Ensuring environmental safety of water reservoirs through the use of microalgae for energy production]. *Candidate's thesis*. Lviv [in Ukrainian].

14. Skoruk, O.P., Tokarchuk, D.M., & Vsemirnova, V.M. (2011). Perspektyvy vyrobnytstva biopalyva tretoho pokolinnia [Prospects for third-generation biofuels]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Ekonomichni nauky – Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Economic Sciences*, 1 (48), 171-176 [in Ukrainian].

15. ECOTOWN. Mazda switches to algae biofuels. *ecotown.com.ua*. Retrieved from: <https://ecotown.com.ua/news/Mazda-pereyde-na-biopalyvo-z-vodorostey/> [in English].

16. ECOTOWN. Ukraine can grow algae for biofuel production. *surl.li*. Retrieved from: <http://surl.li/toly> [in English].

17. KVAKUSHA. Biopalyvo z vodorostei otrymannia [KVAKUSHA. Biofuels from algae are obtained]. *kvakusha.ru*. Retrieved from: <https://kvakusha.ru/uk/biotoplivo-iz-vodoroslei-poluchenie-proizvodstvo-biotopliva-iz-vodoroslei.html> [in Ukrainian].

18. Pryshliak, N., Tokarchuk, D., & Shevchuk, H. (2021). The socio-economic and environmental importance of developing biofuels: the Ukrainian case on the international arena. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 24 (1), 133-152. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/131829> [in English].

19. Treehugger. Making Biodiesel From Algae. *treehugger.com*. Retrieved from: <https://www.treehugger.com/making-biodiesel-from-algae-85138> [in English].

Відомості про автора

ШЕВЧУК Ганна Вікторівна – кандидат економічних наук, старший викладач кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: shevchukhv@gmail.com).

SHEVCHUK Hanna – Candidate of Economic Sciences, Senior Lecturer of the Department of Administrative Management and Alternative Energy Resources, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: shevchukhv@gmail.com).

ШЕВЧУК Анна Викторовна – кандидат экономических наук, старший

преподаватель кафедры административного менеджмента и альтернативных источников энергии, Винницкий национальный аграрный университет (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, e-mail: shevchukhv@gmail.com).

УДК 349.41

DOI: 10.37128/2411-4413-2021-3-3

**ДЕРЖАВНИЙ
ЗЕМЕЛЬНИЙ БАНК:
ІСТОРІЯ
СТВОРЕННЯ ТА
РОЗВИТКУ В
УКРАЇНІ ТА СВІТІ**

ЛОГОША Р.В.,
доктор економічних наук, доцент
кафедри аграрного менеджменту та маркетингу

ХАЄЦЬКА О.П.,
кандидат економічних наук, доцент,
завідувачка кафедри економіки
та підприємницької діяльності,
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця)

У статті проведений ретроспективний аналіз створення і розвитку Державного земельного банку в Україні. Обґрунтовано, що для ефективного функціонування ринку землі, крім інших складників, необхідне функціонування належної інфраструктури та системи державного контролю, коли Державний земельний банк або інша спеціалізована державна установа займає важливе місце і виконує функції регулятора ринку та розпорядника земельних ділянок держави.

Проведено дослідження особливостей функціонування систем іпотечного кредитування у країнах світу і можливість застосування зарубіжного досвіду для розвитку іпотечних відносин у сільському господарстві України.

Досконала інфраструктура іпотечного та кредитного ринку забезпечує високу ефективність функціонування іпотечних відносин. Визначено, що елементами інфраструктури іпотечно-кредитного ринку в багатьох країнах є: земельний кадастр та централізоване кредитне бюро з доступом банків до їхньої інформації у режимі реального часу, централізована база даних нерухомості; фондові біржі, клірингові центри та клірингова система центрального банку; спеціалізовані банки та структури (корпорації, фонди, управління); державні цільові гарантійні фонди.

Нині, коли українські сільськогосподарські виробники використовують землю на правах оренди, зростає доцільність створення відповідних державних установ, зокрема й заснування Державного земельного (іпотечного) банку. Його функціонування сприятиме: розвитку іпотеки сільськогосподарських земель; поліпшить умови середньо- та довгострокового кредитування під заставу земельних ділянок для забезпечення потреб аграрних товаровиробників та населення, яке проживає у сільській місцевості; розширить можливості сільськогосподарського виробництва; забезпечить регулювання процесу ціноутворення на земельні ділянки; забезпечить ефективну діяльність механізму перерозподілу земель; сприятиме залученню інвестицій у сільське господарство та додаткові вкладення у землі сільськогосподарського призначення для збереження їх родючості тощо.

Ключові слова: Державний земельний банк, ринок землі, система іпотечного кредитування, інфраструктура ринку землі, обіг земель, земельна реформа.

Табл.: 1. Літ.: 22.